

VŠB – Technická universita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra pružnosti a pevnosti

Vyhodnocení creepového chování u tlakové nádoby

Evaluation of the Creep Behaviour of Pressure Vessels

Student:

Bc. Jan Hrachovina

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Fusek, Ph.D.

**Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě : 19.5.2014 .....

.....  


Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická universita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k reprezentačnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užití díla v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užití své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě : 19. 5. 2014 .....

.....

Plné jméno studenta

Na Výsluní, 474

Hlubočky

783 61

## **Prohlášení vedoucího diplomové práce o duševním vlastnictví výsledků diplomové práce**

Vzhledem k výlučnému duševnímu vlastnictví výsledků diplomové práce, opíraje se o článek1 Zásad pro vypracování diplomové (bakalářské) práce, dokumentu FS\_SME\_05\_003, je komplexní vyřešení zadání práce zařazeno jako technická zpráva. Cituji z dokumentu FS\_SME\_05\_003,,... Tato technická zpráva bude k dispozici pouze oponentům a členům komise pro obhajobu, kteří tímto budou vázáni mlčenlivostí o jejím obsahu.“

**Z pozice vedoucího diplomové práce uznávám ve 100% rozsahu obsah technické zprávy jako úspěšné vyřešení diplomové práce.**

A handwritten signature in blue ink, reading "Martin Fusek". The signature is stylized with a large, sweeping flourish at the end.

13. května 2014

Ing. Martin FUSEK, Ph.D.

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra pružnosti a pevnosti

## Zadání diplomové práce

Student:

**Bc. Jan Hrachovina**

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

3901T003 Aplikovaná mechanika

Téma:

Vyhodnocení creepového chování u tlakové nádoby  
Evaluation of the Creep Behavior of Pressure Vessels

Zásady pro vypracování:

1. Rozpracujte teorii potřebnou pro řešení (problematika creepu, kumulace poškození, atd.)
2. Rozeberte problematiku creepových zkoušek a jejich vyhodnocení.
3. Rozeberte problematiku hodnocení creepových stavů dle normy EN 13445-3.
4. Najděte či navrhněte další možné postupy výpočtů (rozdílné od normy EN 13445-3) a proveďte srovnání. Zhodnoťte výhody a nevýhody.
5. Aplikujte získané poznatky na zadaném zařízení.
6. Vyvoďte závěry a doporučení.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] Norma EN 13445-3.
- [2] Němec, J., Dvořák, J., Höschl, C.: Pružnost a pevnost ve strojírenství, Technický průvodce 69, SNTL, Brno, 1989.
- [3] Zienkiewicz, O. C., Taylor, R. L.: The Finite Element Method (Volume 1 - 3), Butterworth-Heinemann, Oxford 2000, ISBN 0-7506-5049-4
- [4] Čadež, J.: Creep kovových materiálů, Academia, Praha 1984
- [5] Betten, J.: Creep Mechanics, Springer, Berlin 2008, ISBN 978-3-540-85050-2


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Fusek, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014

  
doc. Ing. Radim Halama, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

**ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

HRACHOVINA, J. *Vyhodnocení creepového chování u tlakové nádoby: diplomová práce.* Ostrava: VŠB – Technická universita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra pevnosti a pružnosti, 2014, 68 s. Vedoucí práce: Fusek, M.

Úvod práce má za úkol seznámit čtenáře s problematikou tlakové nádoby. Následuje popis creepového chování z fyzikálního a výpočtářského hlediska – definice creepu, creepové zkoušky, fyzikální mechanismy, materiálový model a creepové konstituční rovnice. Třetí část práce obsahuje verifikační úlohu pro ověření správnosti postupu výpočtu. Největší část práce je věnována hlavnímu výpočtu, tzn. výpočtu podle normy, výpočtu pomocí MKP a jejich porovnáním. Závěrem jsou uvedeny obrázkové a výkresové přílohy.

**ANOTATION OF THESIS**

HRACHOVINA, J. *Evaluation of the Creep Behaviour of pressure vessels: Master thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanics of Material, 2014, 68 p. Thesis head: Fusek, M.

In the beginning of the thesis there is basic information about pressure vessels. Then description of creep behavior from physical and calculations preview follows – definition of creep, creep experiments, physics mechanism, material model and creep constitutional equations. Third part of the thesis contains verification task, which controls the procedure of calculations. In the main part of the thesis there are calculations, i.e. calculations by norm, calculations by creep mechanism and comparison of both. In the conclusion there are pictures and draw annex.

## Obsah diplomové práce

Obsah diplomové práce .....	7
Obsah Technické zprávy .....	8
Použitá literatura .....	10

**Obsah Technické zprávy**

Obsah Technické zprávy .....	8
1 Úvod .....	9
2 Definice Creepu.....	10
2.1 Stadia Creepu.....	11
2.2 Fyzikální mechanismy creepu .....	12
3 Creepové zkoušky .....	13
3.1 Druhy creepových zkoušek .....	13
4 Materiálová data .....	14
4.1 Materiálový model.....	16
5 Verifikační úloha.....	17
5.1 Zadání .....	17
5.2 Analytické řešení .....	19
5.3 Pomocí MKP .....	20
5.4 Výsledky .....	22
6 Technické podmínky .....	23
6.1 Označení šoupátka .....	23
6.2 Účel použití.....	23
6.3 Technický popis.....	23
6.4 Požadavky na spolehlivost.....	24
6.5 Model.....	24
6.6 Tlakoteplotní systém.....	25
7 Výtah z normy .....	26
7.1 Maximální přípustné hodnoty dovoleného namáhání tlakových částí .....	26
7.2 Skořepiny zatížené vnitřním tlakem .....	26
7.3 Návrh v oblasti tečení .....	27
7.4 Evropské oceli pro tlakové účely.....	31



7.5	Vlastní práce s normou .....	32
8	Výpočty .....	34
8.1	Podle normy.....	35
8.2	Podle creepových mechanismů .....	36
9	Diskuze výsledků .....	37
9.1	Teplotní analýza .....	38
9.2	Napětí.....	39
9.2.1	Podle normy .....	40
9.2.2	Podle creepových mechanismů .....	42
9.3	Elastická poměrná deformace.....	44
9.4	Creepová poměrná deformace .....	46
10	Závěr.....	48
11	Seznam použitého značení .....	49
12	Seznam použitého softwaru .....	51
13	Použitá literatura .....	52
14	Příloha A .....	53
15	Příloha B.....	54
16	Příloha C.....	56
17	Příloha D .....	60
18	Příloha E.....	61
19	Příloha F .....	65
20	Příloha G .....	66
21	Příloha H .....	66

## Použitá literatura

- [1] J. Čadek, Creep kovových materiálů, Praha: Academia, 1984.
- [2] F. Š. František Trebuňa, odolnost prvků mechanických systémů, Košice: Technická univerzita v Košiciach, Strojnická fakulta, 2004.
- [3] C. Novotný, „Creep“.
- [4] ČSN EN 13445-3, *Netopené tlakové nádoby*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [5] I. D. Novotný, *Technické podmínky, Šoupátka kovaná*, Opava: ARAKO spol. s.r.o., 2013.
- [6] I. D. Novotný, *Technický popis a návod na montáž, obsluhu a údržbu výrobku, šoupátko třmenové kované*, Opava: ARAKO spol. s.r.o., 2013.
- [7] O. T. R. L. Zienkiewicz, The finite element method (Volume 1).
- [8] J. D. J. H. C. Němec, Pružnost a pevnost ce strojírenství, Brno: SNTL, 1989.
- [9] J. Betten, Creep mechanics, Berlin: Springer, 2008.
- [10] ČSN EN 10 222-2.